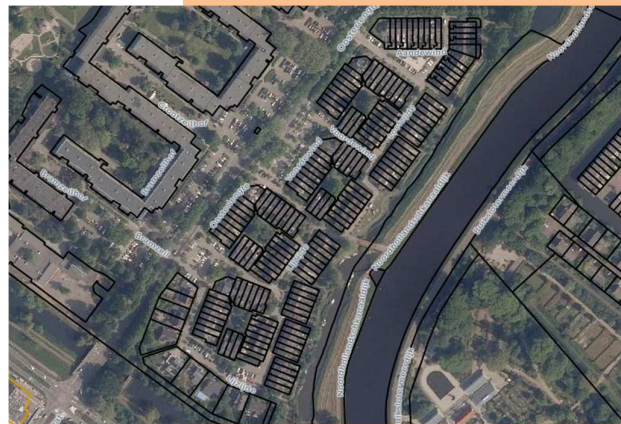


DeZONNET

Lage temperatuur feed-in ZonneWarmteNet Beknopte case study Woningen Banne Noord



TKI TEUE 018017

Deliverable 6.2

December 2020





deZONNET

Deliverable 6.2

Beknopte Case Study (deel van) Banne Noord

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Kenmerk: TEUE018017. Lage temperatuur feed-in zonnewarmtenetten (deZONNET).

Datum: December 2020

Auteurs: Sabine Jansen (TU Delft, faculteit Bouwkunde), Saleh Mohammadi (TU Delft).

Met input van: Martin Bloemendal (TU Delft), en indirect alle andere consortiumpartners.

Consortium:





Inhoudsopgave

1	Inleiding en achtergrond.....	4
1.1	Inleiding	4
1.2	Project deliverables	5
1.3	Het technische concept	6
2	Beschrijving Case study gebied	8
2.1	Wijk en woningen	8
3	Schetsontwerp Energiesysteem Ramplaankwartier	10
3.1	Systeemoverzicht.....	10
3.2	Inschatten warmtevraag t.b.v. ZONNET concept	11
3.3	Benodigd aantal PVT panelen.....	12
3.4	Woninginstallatie.....	13
3.5	Wijkontwerp	15
4	TCO model.....	18
5	Nawoord	19
6	Literatuur	19



1 Inleiding en achtergrond

1.1 Inleiding

Veel (bestaande) woonwijken hebben te weinig duurzame (rest)warmtebronnen in de omgeving, en weinig ruimte voor duurzame opwekking. Daarnaast zijn ambitieuze isolatiemaatregelen voor veel woningtypen niet praktisch of niet financieel haalbaar. Een aardgasvrije warmtevoorziening voor dit type wijken is dus niet eenvoudig. Veel alternatieve warmtevoorzieningen voor dit type wijk vragen daardoor een grote input van hoogwaardige energiebronnen, in de vorm van elektriciteit of (bio)brandstoffen. De daarvoor benodigde duurzame energieopwekking legt een grotere druk op de benodigde fysieke ruimte. Door het ontwikkelen van energieconcepten met een minimale benodigde input van hoogwaardige bronnen kan een snellere verduurzaming en CO₂ reductie worden gerealiseerd, zonder de druk op materiaalgebruik en de fysieke ruimte te veel te verhogen.

Daarom is voor dit type wijk het 'ZONNET' of 'ZonneWarmteNet' concept ontwikkeld: dit is een lokaal, zeer lage temperatuur warmtenet dat wordt gevoed door warmte van PVT panelen op individuele daken i.c.m. seizoensopslag (WKO). Door het realiseren van feed-in warmte van individuele PVT worden zeer efficiënte en duurzame lage temperatuur warmtenetten in bestaande woonwijken zonder externe warmtebronnen mogelijk. Door de hoge efficiëntie van dit systeem en de combinatie van elektriciteit en warmteopwekking is het concept bij een beperkt aantal panelen al energieneutraal voor de warmtelevering. Het idee voor dit concept is het resultaat van een onderzoek binnen het Europese 'Smart Urban Isle' project, en is eerder beschreven in een nationale en internationale publicatie (Jansen et al., 2020a en 2020b).

Voor de uitwerking van dit concept is een subsidie toegekend door de topsector Energie. Binnen dit 'deZONNET' project zijn de technische aspecten nader onderzocht en is een verkenning van mogelijke marktmodellen gedaan. Daarnaast is het concept uitgewerkt voor de wijk Ramplaankwartier in Haarlem.

Het voorliggende document bevat het een beknopte analyse van de mogelijkheid van het ZONNET concept voor de wijk Banne Noord.

Het project is uitgevoerd met subsidie van het Ministerie van Economische Zaken, Nationale regelingen EZ-subsidies, Topsector Energie uitgevoerd door Rijksdienst voor Ondernemend Nederland.

Kenmerk: TEUE018017. Lage temperatuur feed-in zonnewarmtenetten (deZONNET).

Het consortium bestaat uit: TU Delft, Deltares, Greenvis, Triple solar, Fortes Energy Systems, ENGIE, De WarmteTransitieMakers, en het Ramplaankwartier/Stichting SpaarGas.



1.2 Project deliverables

Het consortium heeft in deze studie de volgende serie documenten opgesteld, dit rapport is aangegeven in oranje:

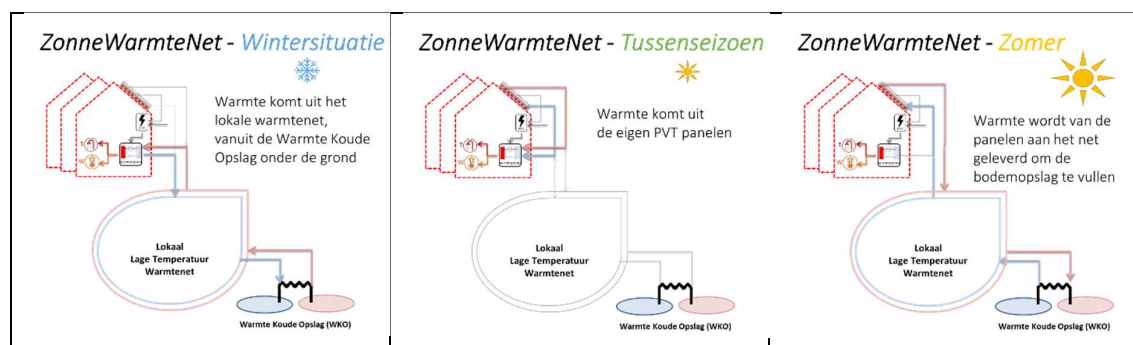
- D1.1 (intern document): overzicht eigenschappen systeemcomponenten voor energiesimulaties
- D1.2 (intern document): dynamisch simulatiemodel met verschillende doorberekende varianten
- D1.3 (openbaar): rapportage met beschrijving van de diversie gesimuleerde varianten en uitwerking van de meest gunstige variant. (Dit deliverable is verwerkt in deliverable 7.2)
- D2.1 (intern): simulatiemodel inclusief basis ontwerp generieke casus
- D2.2: een ontwerphandleiding voor het technisch ontwerp van Zeer Lage-Temperatuur Warmtenetten, met aandacht voor vraag en aanbod profielen en mogelijke oplossingen voor het leveren van piekvermogen.
- D3.1: de uitgewerkte technische specificaties van alle onderdelen van het 'DeZONNET' (het decentrale feed-in zonnewarmtenet)
- D3.2: Een demonstratie van de PV-T/WP/afleverset en regeling in een of enkele woningen (WP2)
- D4.1 Algemene stakeholder analyse
- D4.2 Analyse resultaten uit vragenlijst/interviews bewonersparticipatie m.b.t. acceptatie van de nieuwe installaties en mogelijke participatiemodellen
- D5.1: Integrale en exploitatievorm-neutrale businesscase model voor een DeZONNET systeem
- D5.2: Overzicht van mogelijke marktmodellen voor de uitrol van het product, inclusief voor- en nadelen en randvoorwaarden en mogelijkheden voor buurtinitiatieven.
- D6.1 (intern Document) Uitgewerkte casus Ramplaankwartier Haarlem
- **D6.2 (intern Document) Beknopte technische en financiële haalbaarheidsstudie voor Casus 2**
- D7.1 Overzicht disseminatieactiviteiten
- D7.2 Eindrapport

1.3 Het technische concept

Een beknopt overzicht van het technische concept wordt onderstaand beschreven. Een gedetailleerde uitleg is te vinden in het Eindrapport (deliverable 7.2)

1.3.1 Samenvatting

- Het ZONNET concept bestaat uit een lokaal lage-temperatuur warmtenet dat wordt gevoed door zon-PVT panelen (zonnepanelen die zowel elektriciteit als warmte opwekken) op de daken van de woningen.
- De woningen hebben individuele warmtepompen om de warmte uit het net of de PVT op te krikken tot de gewenste temperatuur om de woning te verwarmen en warm water te maken.
- Afhankelijk van de warmtevraag en het aanbod van zonnewarmte via de PVT panelen, gebruikt de warmtepomp de warmte uit de panelen of uit het ZLT warmtenet, of leveren de panelen warmte terug aan het net.
- Het overschot aan warmte in de zomer wordt opgeslagen in een ondergrondse Warmte Koude Opslag (WKO), en dat wordt in de winter weer benut. Het systeem en de temperatuur setpoints worden zo ontworpen dat de jaarlijkse warmte die uit de WKO wordt gehaald gelijk is aan de warmte die er wordt opgeslagen.
- **Door het koppelen van individuele PVT aan een WKO net kan de WKO worden gegenereerd, wat nodig is in een wijk met overwegend warmtevraag.** Daarnaast zorgt de PVT voor een hogere temperatuur in het warmtenet dan bij een traditioneel WKO net, waardoor de warmtepomp ook voor bestaande woningen relatief efficiënt is.
- Het concept biedt een inclusieve wijkoplossing, omdat niet alle woningen in een wijk over een geschikt dak hoeven te beschikken om toch duurzame wijkwarmte te kunnen gebruiken. Dit concept is voor (bestaande) woonwijken met vergelijkbare kenmerken (naar schatting in Nederland tussen 1-3 miljoen woningen) ook zeer kansrijk. Wel is een vorm van basisisolatie en eventueel aanpassingen aan de radiatoren noodzakelijk om de een afgifte temperatuur (in radiatoren en /of vloerverwarming) op maximaal 55°C mogelijk te maken.



Figuur 1: Conceptuele weergave van de 3 situaties die zich bij het ZONNET systeem kunnen voordoen: 1) de warmtepomp gebruikt warmte uit het lokale (ZLT) warmtenet als bron; 2) de warmtepomp gebruikt de warmte uit de PVT als bron; 3) de PVT levert warmte via het ZLT warmtenet aan de WKO.

1.3.2 Voordelen van de deze wijkaanpak

Het wijksysteem maakt het mogelijk als wijk energieneutraal te zijn. Dit heeft de volgende voordelen:

- Er zijn geen externe bronnen nodig voor de warmtelevering; alle warmte wordt lokaal opgewekt.
- Niet alle woningen zullen voldoende dakoppervlak hebben, maar als wijk kan toch voldoende warmte worden opgewekt. Hierbij kunnen de best georiënteerde daken worden benut.



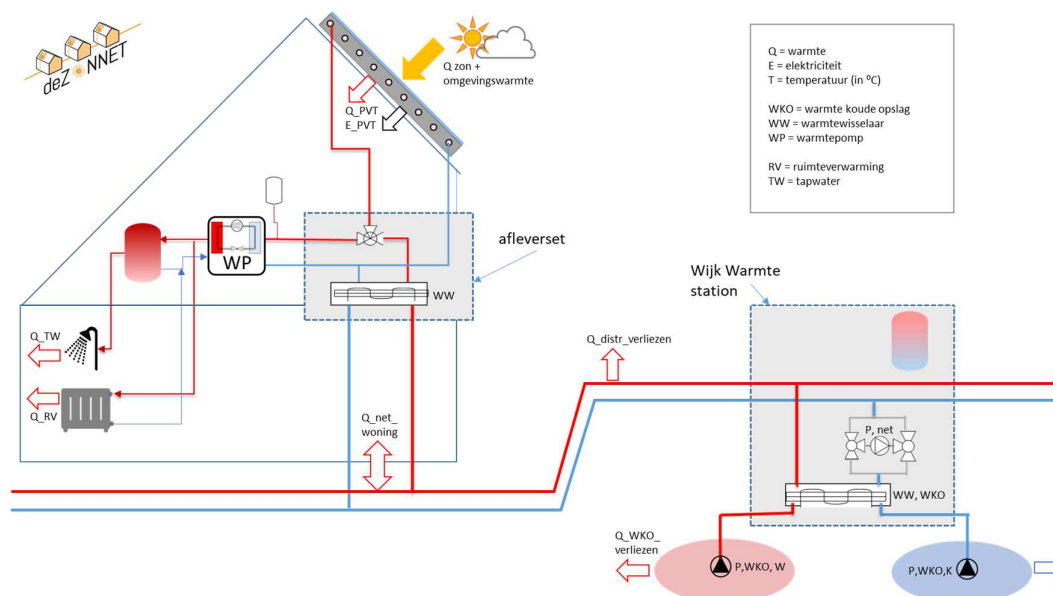
- Eventuele collectieve bronnen kunnen eveneens aan het wijk-warmtenet worden gekoppeld, waardoor de energieprestatie nog verder verbetert. Denk aan kleinschalige bronnen zoals koelinstallatie van een supermarkt, serverruimtes, asfaltcollectoren etc.
- Ten opzichte van individuele (lucht) warmtepompen is veel minder of geen verzwaring van het elektriciteitsnet nodig, doordat de warmtepomp in het ZONNET concept ook tijdens de winterpiek met een zeer hoge COP werkt. Dit in tegenstelling tot een lucht/water warmtepomp, die de vraagpiek in de winter juist moet leveren bij de laagste buitentemperatuur, waardoor deze warmtepomp dan een heel lage COP heeft en dus een hoge elektriciteitsvraag.
- Gebouwen met koeling kunnen aan het totaalsysteem worden aangesloten, waardoor de energieprestatie van het totaal nog verder verbetert. Ook de aangesloten woningen kunnen met dit systeem koelen, als het afgiftesysteem daar geschikt voor is of wordt gemaakt.

1.3.3 Systeemoverzicht

Het systeem bestaat uit de volgende onderdelen:

- 1) De woninggebonden installatie, bestaande uit:
 - a. Warmtepomp en boiler/vat voor tapwater
 - b. Een aantal PVT panelen
 - c. Een afleverset. De afleverset in de woning bepaalt wanneer de warmte uit de PVT wordt benut door de warmtepomp, wanneer warmte uit het net wordt onttrokken, en wanneer warmte aan het net wordt terug geleverd.
- 2) Het wijk energiesysteem, bestaande uit:
 - a. Het netwerk van warme en koude leidingen
 - b. De WKO's (Warmte Koude Opslag)
 - c. Het wijk Warmte station, waar de warmte uit de WKO aan het net wordt overgedragen en andersom, en waar de warmtebalans in de leidingen wordt gerealiseerd.

In onderstaande figuur is het totaalschema van het systeem weergegeven.



Figuur 2: Compleet overzicht van de componenten waaruit het ZONNET systeem is opgebouwd. In de woning: PVT panelen, individuele warmtepomp, afleverset inclusief regelingen; in de wijk: ZLT warmtenet, WKO en pompstation.

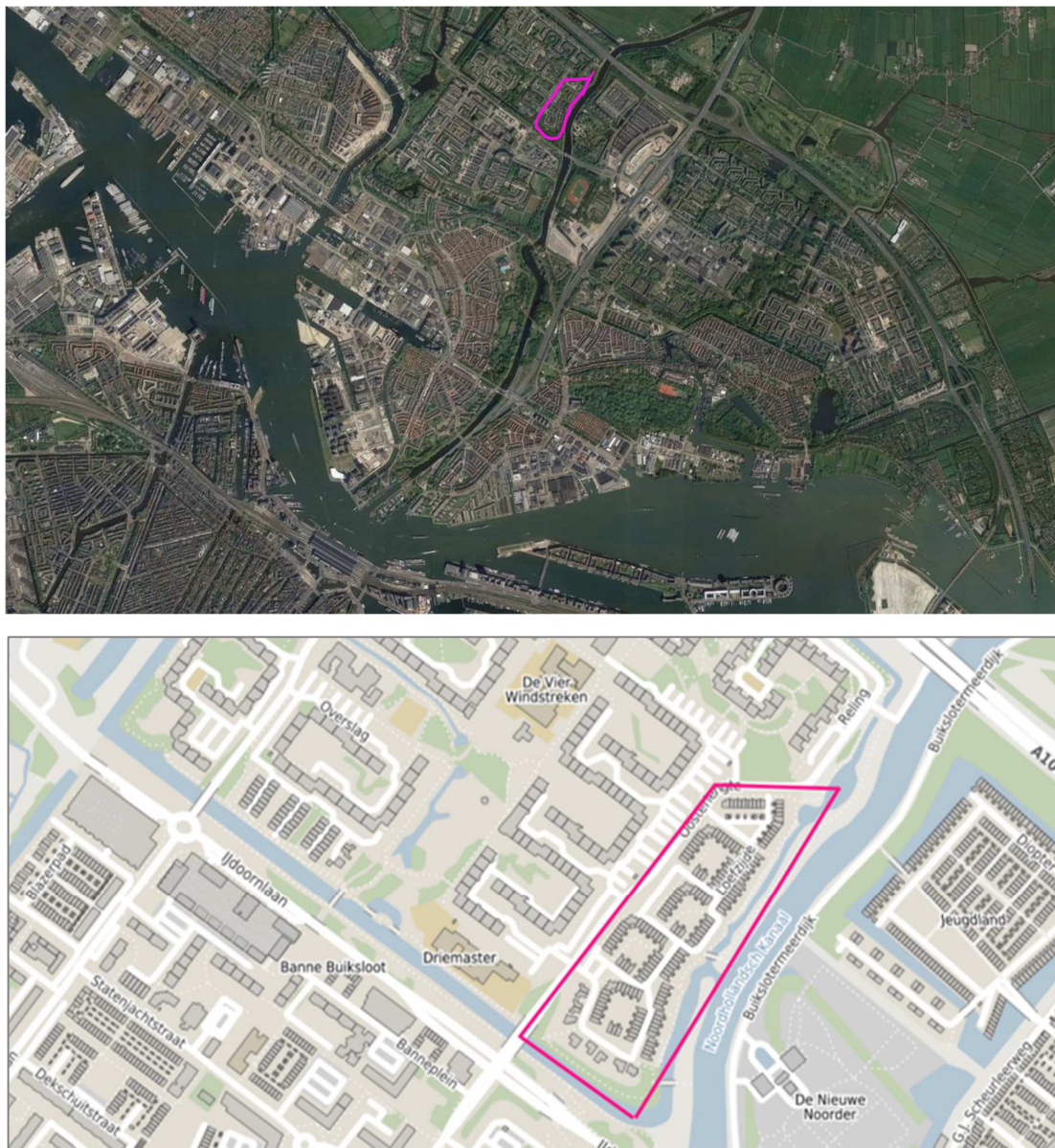


2 Beschrijving Case study gebied

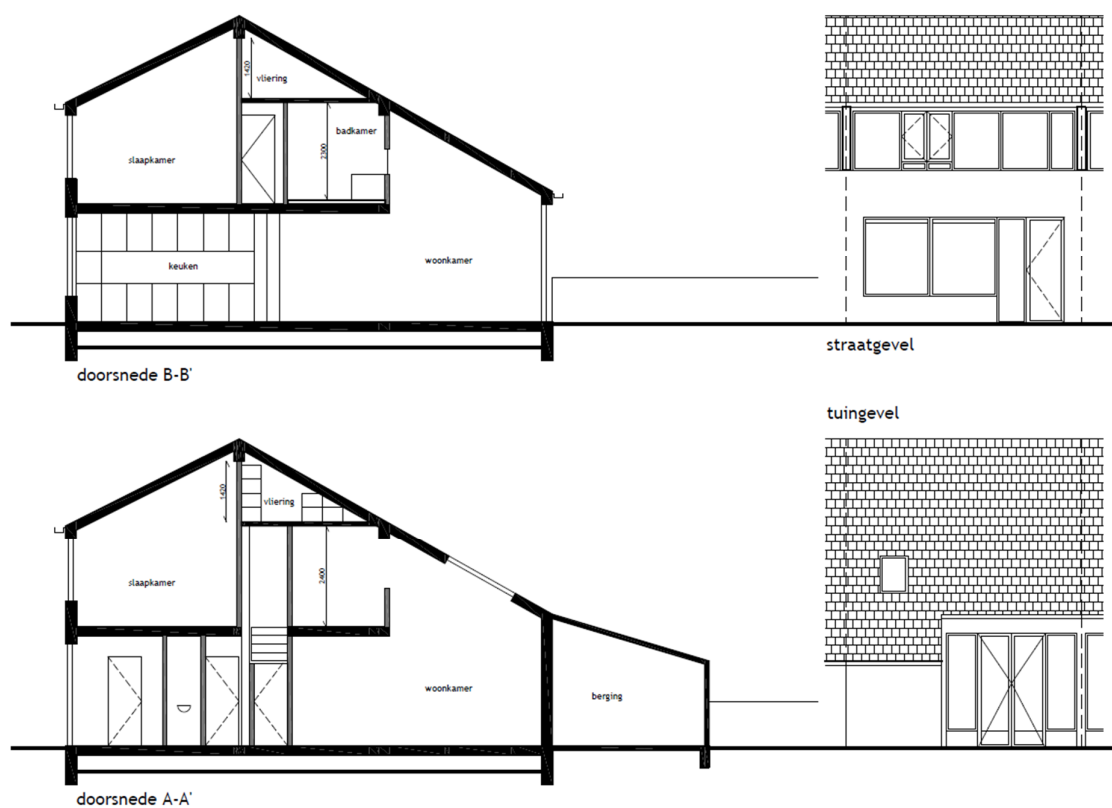
2.1 Wijk en woningen

Deze beknopte studie betreft een deel van de wijk Banne Noord, in Amsterdam Noord. Door een actieve groep bewoners is aangegeven dat zij interesse hebben in het ZONNET Concept.

De studie betreft de 181 eengezinswoningen aan de rand van de wijk, in onderstaande figuur aangegeven met een roze rand.



Figuur 3: foto 1 satelliet afbeelding van de wijk; 2 kaart met markering om welk gebied het gaat



Figuur 4: boven: google street view; onder: doorsnede rijtjeswoning

De onderverdeling in woningtypen is weergegeven in Tabel 1 (op basis van studie EnergyGO (jan 2020)).

Tabel 1: aantal woningen per woningtype, en gemiddeld woonoppervlak

Type	aantal	Bouwjaar	gemiddeld oppervlakte (m ²)
Tussenwoning	131	113 uit 1977 + 18 uit 1989	101
Hoekwoning	40	37 uit 1977 + 3 uit 1989	88
Vrijstaande woning	6	1979-1981	153
Twee-onder 1 kap woningen	4	1988	91
Totaal	181	1977-1989	100



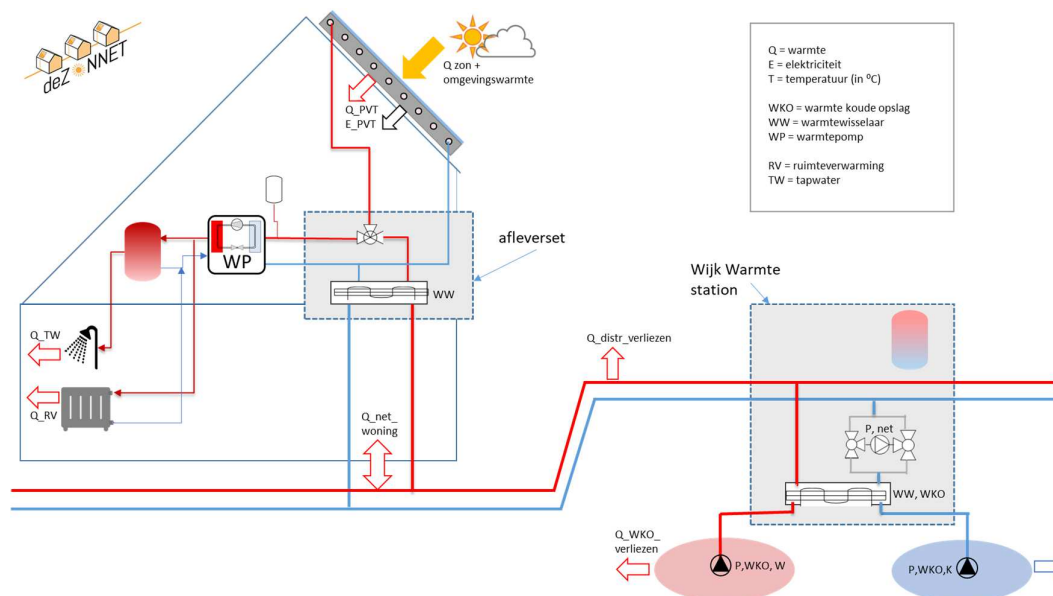
3 Schetsontwerp Energiesysteem Ramplaankwartier

3.1 Systeemoverzicht

Het systeem bestaat uit de volgende onderdelen:

- 3) De woninggebonden installatie, bestaande uit:
 - a. Warmtepomp en boiler/vat voor tapwater
 - b. Een aantal PVT panelen
 - c. Een afleverset. De afleverset in de woning bepaalt wanneer de warmte uit de PVT wordt benut door de warmtepomp, wanneer warmte uit het net wordt onttrokken, en wanneer warmte aan het net wordt terug geleverd.
- 4) Het wijk energiesysteem, bestaande uit:
 - a. Het netwerk van warme en koude leidingen
 - b. De WKO's (Warmte Koude Opslag)
 - c. Het wijk Warmte station, waar de warmte uit de WKO aan het net wordt overgedragen en andersom, en waar de warmtebalans in de leidingen wordt gerealiseerd.

In onderstaande figuur is het totaalschema van het systeem weergegeven.



Figuur 5: Compleet overzicht van de componenten waaruit het ZONNET systeem is opgebouwd. In de woning: PVT panelen, individuele warmtepomp, afleverset inclusief regelingen; in de wijk: ZLT warmtenet, WKO en pompstation.

De aanpak voor het maken van een schetsontwerp is beschreven in het eindrapport. Het bevat grofweg de volgende stappen:

- Het beginpunt is het inschatten van de warmtevraag van de woningen.
- Vervolgens is onderzocht hoeveel PVT panelen nodig zijn om jaarlijks voldoende warmte op te wekken met voldoende hoge temperaturen.
- Daarna is voor de wijk als geheel het schetsontwerp gemaakt



3.2 Inschatten warmtevraag t.b.v. ZONNET concept

3.2.1 Inschatting jaarlijkse netto warmtevraag

Voor het ZONNET concept wordt er van uitgegaan dat de woningen isoleren tot label C of beter. Er is uitgegaan van gemiddeld tussen B en C in. De netto warmtevraag is ingeschat op basis van gemiddelde verbruiken zoals onderzocht door (Majcen 2016). Daarnaast is voor een aantal woningen een simulatie uitgevoerd.

In onderstaande tabellen zijn de uitgangspunten en de resulterende warmtevraag voor de hele wijk getoond. Voor de meest voorkomende woning (eengezinswoningen kleiner dan 200 m²) leidt deze inschatting tot een jaarlijkse warmtevraag inclusief tapwater van 10700 kWh/woning, wat overeenkomt met 39 GJ/woning. Dit is 25% minder dan het huidige energieverbruik per woning.

Tabel 2: Inschatting netto warmtevraag voor ruimteverwarming en tapwater per gebouwtype

Banne Noord Oosterlengte			Geprognoseerde warmtevraag NA basis-isolatie; dus als de gebouwen LT-ready zijn (gemaakt)				
Type	Aantal	Gem. oppvl. m ²	warmtevraag		tapwater	totaal/unit	totaal
			kWh/m ² per jaar	kWh/unit per jaar	kWh/unit per jaar	kWh/unit per jaar	kWh/ buurt per jaar
Tussenwoning	131	101	60	6.060	2.800	8.860	1.160.660
Hoekwoning	40	88	70	6.160	2.800	8.960	358.400
Vrijstaande woning	6	153	80	12.240	3.500	15.740	94.440
Twee-onder 1 kap woningen	4	91	70	6.370	2.800	9.170	36.680
Totaal	181						1.650.180
gemiddelde						9.117	

- De totale warmtevraag van de wijk komt hiermee op 1,6 GWh/jaar.
- De gemiddelde warmtevraag per woning is ca 9.000 kWh/ jaar

3.2.2 Piekvermogen

Per gebouwtype is een inschatting gemaakt van het piekvermogen. Uitgaande van een gelijktijdigheid van maximaal 70% voor de warmtelevering volgt hieruit een verwacht piekvermogen voor de warmtevraag voorzien van 5,9 MW. Dit is het vermogen dat door de warmtepomp in de woning geleverd moet worden. De warmtebron voor de warmtepomp hoeft dus een lager vermogen te leveren, omdat de elektriciteit van de warmtepomp ook in warmte wordt omgezet.

Tabel 3: Inschatting piekvermogen warmtevraag

Banne Noord Oosterlengte			Piekvermogen behoefte		gelijk- tijdigheid:
Type	Aantal	Gem. oppvl. m ²	Piekvraag	Piekvermogen bron warmtepomp / door het net te leveren warmte	70%
			kW/unit	kW/unit	kW totaal * gelijktijdigheid
Tussenwoning	131	101	5	4	367
Hoekwoning	40	88	5	4	112
Vrijstaande woning	6	153	8	6,4	27
Twee-onder 1 kap woningen	4	91	5	4	11
Totaal	181				517

Het benodigde piekvermogen voor het leveren van warmte is ca 0,5 MW.



Voor het ontwerp van de OBES (=WKO systeem) en het warmte-koude-net moet het door de woningen gevraagde vermogen vergeleken worden met het gezamenlijke productievermogen van de PVT-panelen; Het OBES (= WKO systeem) moet gedimensioneerd worden op de hoogst piek van deze twee. Dit wordt verder benoemd in de volgende paragrafen.

3.3 Benodigd aantal PVT panelen

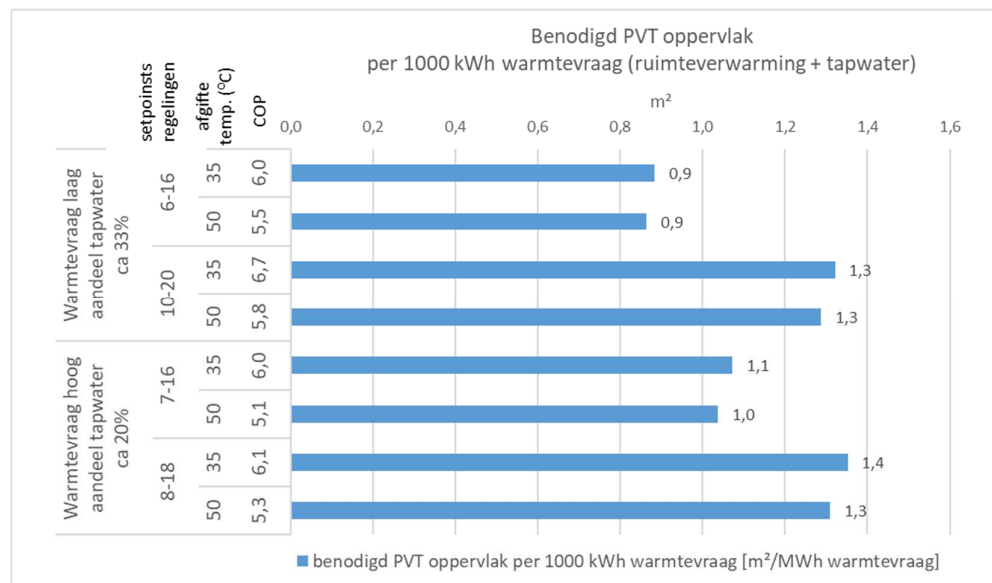
Elke wijk is anders, met een ander woningtype en andere gemiddelde warmtevraag en beschikbaar dakoppervlak. Op basis van de in het ZONNET project uitgevoerde simulaties zijn algemene kentallen ontwikkeld waarmee kan worden ingeschat hoeveel m² PVT paneel geïnstalleerd moet worden per kWh warmtevraag, wat de benodigde regelingen en setpoints daarbij zijn, en wat de resulterende COP van de warmtepomp vervolgens is. Er zijn richtlijnen ontwikkeld voor de volgende twee situaties:

- Een warmtevraag met een hoog aandeel tapwater (ca 1/3^e van de totale warmtevraag is tapwater)
- Een warmtevraag met een laag aandeel tapwater (ca 1/5^e van de totale warmtevraag is tapwater)

Voor beide situaties kan worden bepaald hoeveel m² PVT nodig is, met welke setpoints, om een bepaalde COP te halen. Deze kentallen zijn weergegeven in Figuur 6.

De meest voorkomende gemiddelde woning in het Ramlaankwartier heeft een warmtevraag van ca 6.000 kWh/jr en een tapwatervraag van ca 3.000 kWh (totaal 9 MWh). De tapwatervraag ligt dichtbij 1/3^e van de totale warmtevraag. De ontwerpen kan nu kiezen tussen een systeem met 0,9 m² PVT/ MWh warmtevraag, dus in totaal ca 8 m² voor de gewenste 9 MWh, of een systeem met 1,3 m² PVT/ MWh warmtevraag, dus in totaal 12 m² voor de gewenste 9 MWh.

Als uitgangspunt wordt gehanteerd dat deze woningen na isolatiemaatregelen en eventuele aanpassingen aan het afgiftesysteem een afgiftemtemperatuur van 45-55°C nodig hebben. Voor een systeem met gemiddeld 8 m² PVT panelen per woningen resulteert dit in een COP van 5,5, bij een systeem met 12 m² PVT panelen per woning resulteert dit in een COP van 5,8. Bij een lagere afgifte temperatuur zal de COP in beide gevallen hoger zijn; bij een hogere afgiftemtemperatuur zal de COP in beide gevallen lager zijn.



Figuur 6: Kentallen benodigd PVT oppervlak per 1000 kWh warmtevraag, met de bijbehorende regel setpoints en resulterende COP (voor verschillende afgifte temperaturen). (voor verdere toelichting zie het algemene eindrapport, D7.2)



3.3.1 Resultaat: aantal gekozen PVT panelen en setpoints voor de regelingen

Zoals genoemd kan het aantal PVT panelen worden gekozen op basis van de gewenste COP en het beschikbare dakoppervlak. Een financiële beoordeling is mogelijk m.b.v. het TCO model uit deliverable 5. Uit het TCO model voor de case study Ramplaankwartier – wat een vergelijkbare gemiddelde warmtevraag heeft - blijkt dat het qua kosten niet veel uitmaakt, maar dat het grotere aantal PVT panelen zich zelf net terugverdient door de hogere COP en de opwek van eigen elektriciteit. Deze uitkomst hangt echter ook af van de input (o.a. elektriciteitsprijs e.d.).

Het doel van energieneutraliteit en maximale eigen opwek wordt behaald met gemiddeld 6 panelen per woning. De optie met 6 panelen (a 2m²) is dus financieel iets aantrekkelijker en vraagt daarnaast minder elektriciteit. Er wordt daarom uitgegaan van een voorkeursconfiguratie van 6 panelen per woning met een warmtevraag van ca 9.000 kWh per jaar.

Het piekvermogen van de geleverde warmte van 6 panelen is ca 6 kW. Bij 100% gelijktijdigheid leidt dit tot een piek aanbod van ca 1 MW. Deze waarde is hoger dan de piek warmtevraag. Dit is de waarde waar het wijkontwerp op gebaseerd moet zijn. Voor eventuele pieken kan tijdelijk de DT in het net worden vergroot.

3.4 Woninginstallatie

Het woning ontwerp bestaat uit:

- de PVT-panelen
- de individuele warmtepomp
- een boilerwatervat voor tapwater
- de afleverset
- De aansluiting aan het warmtenet

De onderdelen zijn in detail beschreven in het algemene eindrapport. Foto's van de pilot opstelling van de woninginstallaties zijn getoond in de volgende paragraaf.

3.4.1 Overzicht onderdelen in de pilot opstelling

Voor het ZONNET project is een pilot opstelling gemaakt van de woninginstallatie met aansluiting aan een warmtenet. Dit systeem heeft 4 panelen in plaats van 6, maar dat maakt voor de werking van het systeem niet uit. Foto's van de proefopstelling zijn te zien in onderstaande figuren.





Figuur 7 a,b,c: a) pilotwoning b) PVT panelen op het dak c) aansluitleidingen van de PVT. Deze zullen worden aangesloten aan de afleverset in de woning.



Figuur 8: warmtepomp, afleverset en aansluiting PVT panelen bij de proefopstelling bij The Green Village (<https://www.youtube.com/watch?v=q36WRPq85jq>)

In de pilot opstelling is gekozen voor een combi water/water warmtepomp, met een geïntegreerd boiler vat. Dit leidt tot een vrij hoge opstelling, wat niet in alle situaties zal passen.

Andere mogelijkheden zijn een losse warmtepomp en een liggend boiler vat, die bijvoorbeeld in het knieschot op zolder past.

De betreffende woningen in Banne Noord hebben ruim voldoende dakoppervlak, dus dit is geen belemmering.



3.4.2 Aansluiting aan het warmtenet

Er zijn verschillende mogelijkheden voor aansluiting aan het warmtenet. Qua locatie is het het meest logisch de afleverset en de warmtepomp dicht bij elkaar en dicht bij de PVT panelen te plaatsen. IN de meeste gevallen zal dat dan op zolder zijn. De afleverset kan zelfs boven de warmtepomp geplaatst worden, als daar in de woning plaats voor is.

Het is dus logisch om de aansluiting aan het warmtenet ook op zolder te realiseren, en niet per se in de meterkast. Momenteel wordt op verschillende plekken onderzocht wat de mogelijkheden zijn voor het realiseren van een aansluiting direct op zolder; dat voorkomt doorvoeren van de installatie in de woning. Een voorbeeld hiervan te zien in onderstaande figuur.

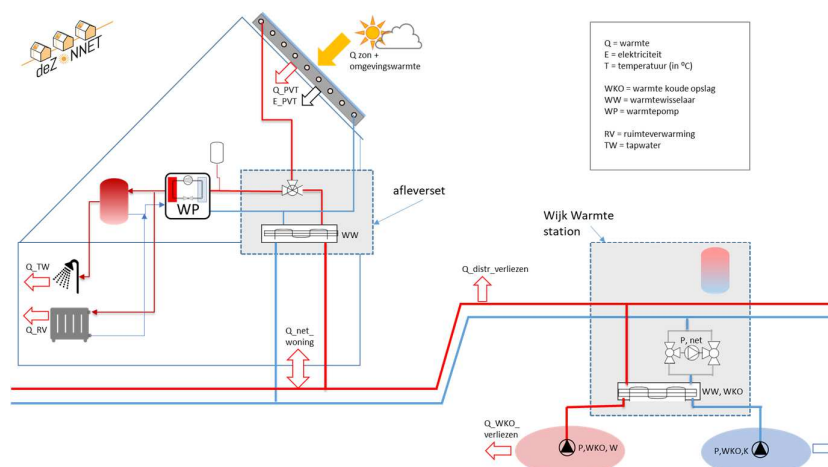


Figuur 9: voorbeeld van een aansluiting aan een warmtenet direct naar zolder. (bron: Installatiesprofs.nl)

3.5 Wijkontwerp

Het wijkenergiesysteem bestaat uit

- Het wijk warmtenet
- De WKO bron(nen)
- Een technische ruimte in de wijk voor de warmtewisselaar waar de warmte uit de bron wordt overgedragen op de wijk. Eventueel met een thermische buffer (ter grootte van ca een garage)



Figuur 10: Woning en wijkcomponenten van het ZONNET systeem.



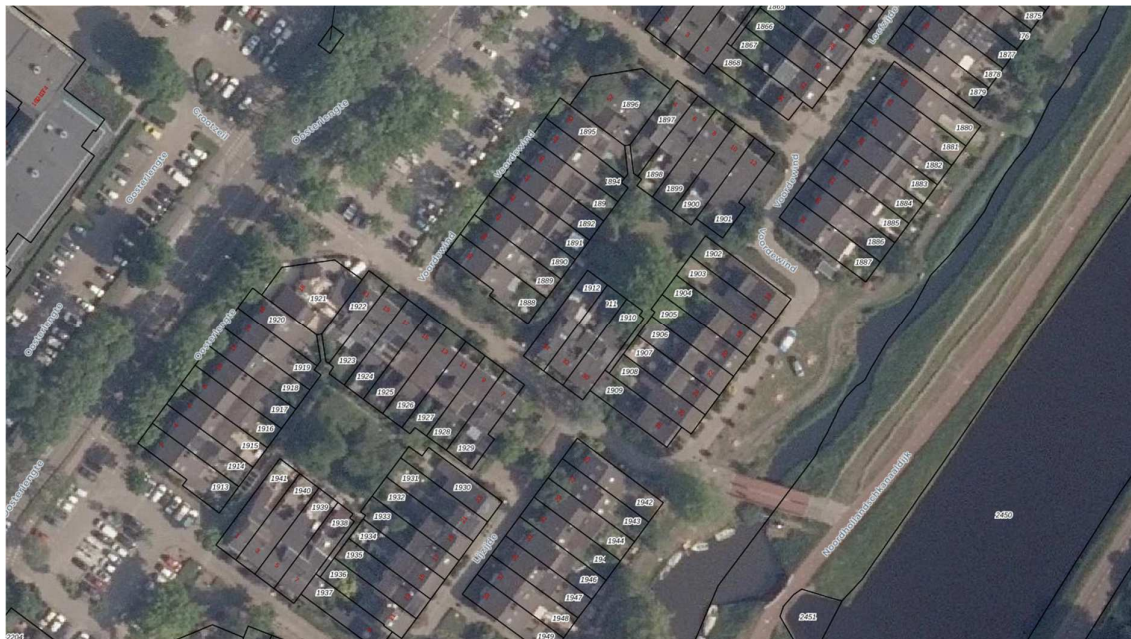
3.5.1 Warmtenet ontwerp

De algemene uitgangspunten m.b.t. het wijknetontwerp voor het ZONNET concept staan beschreven in het eindrapport. Op basis van de meer gedetailleerde casus Ramplaankwartier is een inschatting gemaakt van de benodigde leidinglengtes voor deze casus. Deze inschatting is weergegeven in onderstaande tabel.

Tabel 4: Inschatting leidinglengtes wijk warmtenet

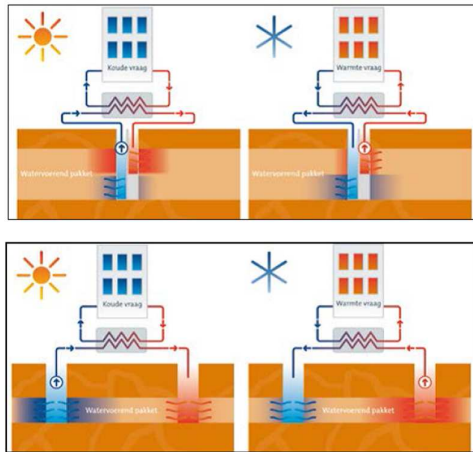
DN	Voorbeeldwijk Ramplaankwartier		wijk met kortere voortuin (bijv Banne rijtjeswoningen)
	Totale lengte wijk	lengte per woning:	
	m	m	
25	25,0	16.298	13,6
40	40,0	457	0,4
50	50,0	618	0,5
63	63,0	1.039	0,9
75	75,0	681	0,6
90	90,0	823	0,7
110	110,0	1.033	0,9
125	125,0	561	0,5
140	140,0	346	0,3
160	160,0	534	0,4
180	180,0	258	0,2
200	200,0	66	0,1
225	225,0	175	0,1
250	250,0	32	0,0
		totaal (alleen aanvoer)	19,1
		aanvoer + retour	38,2

Een ontwerp waarbij het warmtenet in de centrale binnentuinen wordt aangelegd en niet via de voorkant maar via de achterkant binnenkomt zou mogelijk nog meer leidinglengte uitsparen.



3.5.2 Bodemenergiesysteem

Er zijn twee typen open WKO systemen: een doublet en een monobron. Bij een monobron zijn de warme en koude bron verticaal gescheiden; bij een doublet zijn de warme en koude bron horizontaal gescheiden. Een monobron heeft een kleiner debiet en dus een lager vermogen.



Figuur 11: monobron en doublet – bron: <https://www.wikibodemenergie.nl>

Voor deze wijk kan gekozen worden voor 1 doublet of 2 monobronnen; dat laatste heeft als voordeel dat er een backup systeem aanwezig is.

Uitgangspunten:

2 x monobron

Debiet: 55 m³/u

locatie: Amsterdam Noord, Amsterdam

laag: WVP 2/3, -90 tot -240, k=30 m/d

Ontwerp criteria volgens NVOE Richtlijnen (NVOE 2006), 20m filter, 20m tussen de bronnen. Totale diepte: 150m

Kosten

Kosten boring incl behuizing Monobron	€94,500
Kosten pompen, tsa en freq. omv., Injectieklep	€12,000
Kosten per Monobron	€106,500

Proefboring ja/nee	nee
Kosten proefboring	€0
Kosten technische ruimte	€6,000
Kosten leidingwerk (gelijk aan Tauw gelaten)	€0

Extra kosten aanpassingen zout water

Pompen	€3,000
Technische ruimte	€600
Totale kosten bodemenergie bron	€116,000

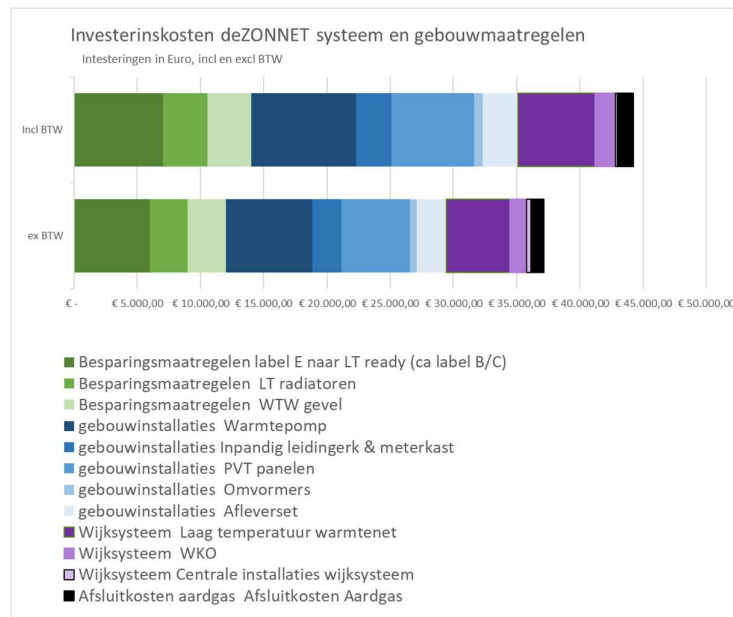
Per woning: (2 x 116.000)/181 =



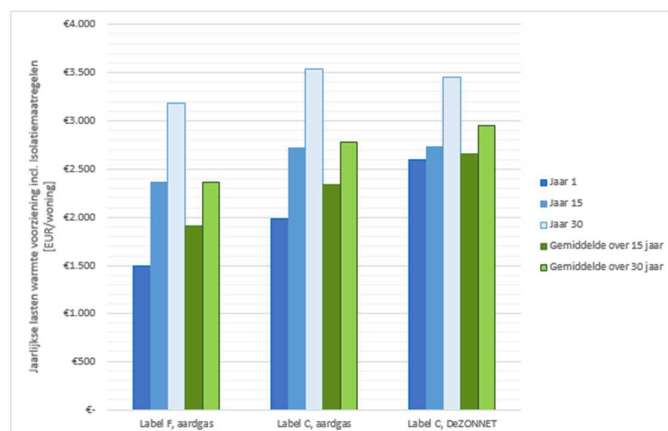
4 TCO model

De kosten zijn ingeschat en ingevuld in het TCO model van GreenVis

In onderstaande figuur zijn de ingeschatte investeringen getoond (zonder extra subsidies)



Met de gehanteerde uitgangspunten is het systeem nog te duur. Met het TCO model kan berekend worden met welke subsidie het project rendabel kan zijn in 15 of 30 jaar Dit is hier onder weergegeven:



Onrendabele top

Berekening onrendabele top / subsidiebedrag per woning om te voldoen aan uitgangspunt woonlasten neutraal

Bereken benodigde subsidie voor woonlastenneutraal	Startpunt Label E aardgas		Startpunt (dus excl isolatie) Label B/C, aardgas	
	€/woning	% van invest.	€/woning	% van invest.
Woonlastenneutraal over 15 jaar	€ 12.241	46%	€ 5.269	20%
Woonlastenneutraal over 30 jaar	€ 8.604	32%	€ 2.546	10%

Opmerking:

Er is mogelijk kostenreductie haalbaar door het warmtenet slimmer/korter aan te leggen. En mogelijk is het niet in alle woningen noodzakelijk om LT radiatoren en ventilatie WTW toe te passen.



5 Nawoord

Het ZONNET concept lijkt technisch zeer geschikt voor de bekeken woningen in Banne Noord: Er is ruim voldoende dakoppervlak, de bodem is geschikt voor WKO en een warmtenet lijkt redelijk compact aan te leggen.

Doordat het jaren 70 woningen betreft is isolatie redelijk goed te doen; misschien is het zelfs mogelijk een nog lagere afgiftetemperatuur dan 50 graden te realiseren, waardoor de COP hoger zou kunnen uitpakken.

Zoals bekend is het een kapitaal intensief systeem: er zijn nog wat kostenreductie nodig en het financiële plaatjes wordt pas interessant bij een lage rente.

6 Literatuur

Bloemendal, M., (2018). The hidden side of cities: Methods for governance, planning and design for optimal use of subsurface space with ATES. *Proefschrift TU Delft*.

Bloemendal, M., Jaxa-Rozen, M., & Olsthoorn, T. (2018). Methods for planning of the ATES systems. *Applied Energy*, vol.216.

Brauw, Harry de en Koezjakov, Anastasia, Tauw, 2018. Haalbaarheid duurzame warmtevoorziening Ramplaankwartier. i.o.v. Gemeente Haarlem.

Jansen, S.C., Mohammadi, S., Bokel, R.M.J. (2020a). Developing a locally balanced energy system for an existing neighbourhood, using the 'Smart Urban Isle' approach. *Sustainable Cities and Society*, Vol.64.

Jansen, S.C., Mohammadi, S., Fortuijn, E. (2020b). Wijkenergieplannen: maximaal lokaal duurzaam. *Rooilijn*, jaargang 53, nummer 2, pp 138-143. <https://www.rooilijn.nl/artikelen/wijkenergieplannen-maximaal-lokaal-duurzaam/>.

Majcen, Daša. 2016. "Predicting Energy Consumption and Savings in the Housing Stock A Performance Gap Analysis in the Netherlands." *Proefschrift TU Delft*.

NVOE (2006). Richtlijnen Ondergrondse Energieopslag, Design guidelines of Dutch branche association for geothermal energy storage. Woerden.

+ alle deZONNET deliverables. Zie www.zonnewarmtenet.nl